



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 12 043 A 1

21 Aktenzeichen: 100 12 043.1
22 Anmeldetag: 14. 3. 2000
43 Offenlegungstag: 4. 10. 2001

51 Int. Cl. 7:
H 05 K 13/02
H 05 K 3/30
H 01 L 21/58
B 81 C 3/00
B 25 J 19/04

DE 100 12 043 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Schilling, Ulrich, Dr., 70567 Stuttgart, DE; Hoehn,
Michael, 85375 Neufahrn, DE; Jacob, Dirk, 81737
München, DE; Schilp, Michael, 85748 Garching, DE

56 Entgegenhaltungen:

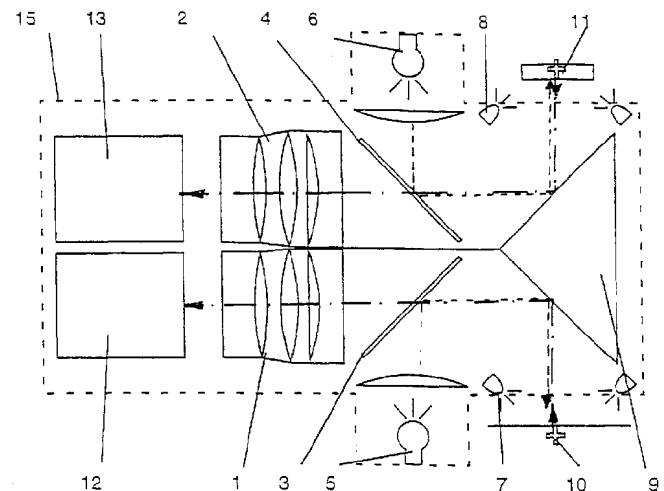
DE	197 27 471 C1
DE	42 22 283 C1
US	57 52 446 A
US	46 08 494 A
EP	02 43 680 B1
JP	05-1 52 794 A
JP	03-2 17 095 A
JP	04-37 095 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Ausrichtung von Referenzmarken tragenden Objekten zueinander

57 Die Erfindung schlägt bei einer Vorrichtung zur Ausrichtung zweier Objekte (10, 11) zueinander, die je eine Referenzmarke (R10, R11) aufweisen, die zueinander beabstandet einander gegenüberliegen, eine Abbildungsvorrichtung als ein austauschbares kompaktes Optikmodul (15) vor, das zwei parallel angeordnete baugleiche Objektive (1, 2) hoher Abbildungsqualität, die objektseitig einen telezentrischen Strahlengang aufweisen, eine Umlenkeinheit (9) zur Umlenkung des Strahlengangs der Objektive um jeweils 90°, eine im Optikmodul (15) integrierte Beleuchtungsvorrichtung (5-8) und je eine Kamera (12, 13) aufweist, die direkt hinter jedem Objektiv (1, 2) angeordnet und parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder zur Auswerteeinheit (14) eingerichtet sind. Ein derartiges kompakt ausgeführtes Optikmodul (15), das eine hohe Abbildungsqualität mit kompakten Außenabmessungen verbindet und dessen Beleuchtungsvorrichtung außerdem eine an besondere Licht- und Oberflächeneigenschaften der auszurichtenden Objekte anpassbar ist, läßt sich z. B. der an einen Bondkopf eines Handhabungssystems anschließen und mitführen und auch flexibel an mehreren Orten einsetzen (Figur 3).



DE 100 12 043 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ausrichtung zweier Objekte zueinander, die je eine Referenzmarke aufweisen, die zueinander beabstandet einander gegenüberliegen, mit einer Abbildungsvorrichtung, die mittels einer Verschiebeeinheit zwischen die beiden von einer Haltevorrichtung gehaltenen Objekte einschiebbar ist und, dabei Bilder von die Referenzmarken enthaltenden Oberflächenbereichen der Objekte erzeugt, wobei die Abbildungsvorrichtung zwei Objektive und wenigstens eine Kamera zur Aufnahme der von den Objektiven erzeugten Bilder aufweist, einer mit der Kamera verbundenen oder verbindbaren Auswerteeinheit, die zur Auswertung und Überlagerung der von den Objektiven aufgenommenen Bilder und zur Berechnung eines Versatzes zwischen den Referenzmarken der Objekte eingerichtet ist, einer Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtung eines gewünschten Gesichtsfeldes der Objektive auf den Objekten und einer mit der Auswerteeinheit verbundenen oder verbindbaren Positioniereinheit, die dafür eingerichtet ist, einen von der Auswerteeinheit ermittelten Versatz zwischen den Referenzmarken der beiden Objekte auszugleichen.

[0002] Eine derartige Vorrichtung ist aus US-A-5 752 446 bekannt. Bei der bei dieser Vorrichtung eingesetzten Optik ist die Auflösung durch ihre geringe mögliche Apertur verringert, und pro Bild wird die Hälfte eines Chips einer Festkörperkamera verwendet. Dadurch wird der "gute" (zentrische) Teil der Vergrößerungsoptik nicht benutzt sondern die Randzonen mit schlechten optischen Eigenschaften. Außerdem ist die Auflösung durch die Halbierung der Pixelzahl verringert.

[0003] Derartige Ausrichtungsvorrichtungen dienen dazu, bei der automatischen Bestückung von Mikrobautteilen auf einem Substrat nach Erfassen der Bauteilposition, wozu die Referenzmarken dienen, einen Positionier- und Fügevorgang durchzuführen. Dabei ist bei der Montage von solchen Mikrobautteilen auf einem Substrat eine sehr hohe Präzision erforderlich, die durch eine bildverarbeitungsgestützte positionsgeregelte Feinpositionierung durchgeführt wird.

[0004] Gemäß der beiliegenden Fig. 1 liegt bei der Flip-Chip-Montage die Referenzmarke R11 des Bauteils 11 auf der Bauteilunterseite, und die Referenzmarke R10 des Substrats 10 auf der Substratoberseite und kann vom Bauteil 11 verdeckt werden.

[0005] Dieser Positioniervorgang gilt in der hochpräzisen Montage als problematisch, ist aber aufgrund steigender Genauigkeitsanforderungen in der Hochfrequenztechnik und zunehmender Miniaturisierung von hoher Relevanz.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

[0006] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine gattungsgemäße Ausrichtungsvorrichtung zur Ausrichtung zweier Objekte zueinander, die eine Referenzmarke aufweisen, die zueinander beabstandet einander gegenüberliegen, eine hoch auflösende und vielseitig verwendbare Abbildungsvorrichtung mit einer vielseitigen Beleuchtungsvorrichtung und ein automatisches Positionierverfahren anzugeben, bei dem anhand der Merkmale, die aus den Bildern extrahiert werden können, die Position der Referenzmarken von Bauteil und Substrat ermittelt werden, und daraus der entsprechende Korrekturwert für die Abweichung der beiden Referenzmarken errechnet werden kann, so dass diese Positionsabweichung durch die Ausrichtungsvorrichtung korrigiert werden

kann.

[0007] Gemäß einem wesentlichen Aspekt ist eine zur Lösung des oben genannten ersten Aufgabenteils eingerichtete Ausrichtungsvorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsvorrichtung als ein auswechselbares, kompaktes Optikmodul gestaltet ist, das zwei parallel angeordnete Objektive hoher Abbildungsqualität, eine Umlenkeinheit zur Umlenkung des Strahlengangs der Objektive um jeweils 90° und je eine Kamera aufweist, die direkt hinter jedem Objektiv angeordnet und zur parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder zur Auswerteeinheit eingerichtet sind.

[0008] Vorzugsweise sind die Objektive baugleich und haben objektseitig einen telezentrischen Strahlengang. Vorzugsweise ist die Abbildungsvorrichtung zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern der Objekte und parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder eingerichtet.

[0009] Vorteilhafterweise lässt sich durch die Gestaltung der Abbildungsvorrichtung als ein auswechselbares kompaktes Optikmodul diese an unterschiedliche Handhabungsgeräte anschließen, z. B. so, dass das Optikmodul wahlweise mit einer automatischen Bildverarbeitung, die zur Ansteuerung eines (halb)automatischen Handhabungsgeräts eingerichtet ist oder mit einem Mischpult für manuelles Arbeiten an einer nichtautomatischen Vorrichtung verbindbar ist.

[0010] Durch die beiden direkt hinter den baugleichen Objektiven hoher Abbildungsqualität angeordneten Kameras, die zur parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder zur Auswerteeinheit eingerichtet sind, lässt sich der im Stand der Technik auftretende Nachteil der geringeren Auflösung, die durch Teilung der wirksamen CCD-Fläche der Kamera in zwei Teile herbeigeführt wird, vermeiden.

[0011] Somit besteht als wesentlicher Vorteil der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik die Verbindung einer hohen Abbildungsqualität mit den kompakten Außenabmessungen des Optikmoduls. Dadurch ist es z. B. möglich, das Optikmodul an einem Bondkopf eines Handhabungssystems mitzuführen und flexibel an mehreren Orten einzusetzen.

[0012] Durch die vorteilhaft in dem Optikmodul integrierte Beleuchtungsvorrichtung, die pro Strahlengang der Objektive jeweils eine koaxiale Auflichtquelle, Mittel zur Einkopplung des von den koaxialen Auflichtquellen erzeugten Beleuchtungslichts in den Strahlengang der Objektive und/oder jeweils eine Ringlichtquelle aufweist, die rund um die Austrittsöffnung jedes Objektivs angeordnet ist, bietet die Erfindung die Möglichkeit, das Gesichtsfeld jeweils angepasst zu beleuchten, um flexibel auf die optischen Anforderungen der zu betrachtenden Bauteile oder Substrate reagieren zu können. Eine derartige Anpassung der Beleuchtung des Gesichtsfelds kann auch automatisch erfolgen, wenn, wie bevorzugt, die Lichtquellen der Beleuchtungsvorrichtung mit der Auswerteeinheit verbunden oder verbindbar sind, so dass die Auswahl der jeweils geeigneten Lichtquelle und/oder Lichtintensität abhängig von einer von der Auswerteeinheit ausgewerteten Bildaufnahme der Objekte erfolgen kann.

Zeichnung

[0013] Nachstehend wird eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Ausrichtungsvorrichtung sowie ein darauf basierendes Verfahren zur Ausrichtung zweier Objekte zueinander anhand der Zeichnung näher beschrieben.

[0014] Es zeigen:

[0015] Fig. 1 die bereits beschriebene schwierige Positionier- und Montageaufgabe für die die erfindungsgemäße Ausrichtungsvorrichtung besonders geeignet ist;

[0016] Fig. 2 schematisch in Funktionsblöcken eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ausrichtungsvorrichtung;

[0017] Fig. 3 schematisch den inneren Aufbau des durch die Erfindung vorgeschlagenen Optikmoduls;

[0018] Fig. 4 schematisch in Form einer teilweise geschnittenen Seitenansicht den konstruktiven Aufbau des in Fig. 3 gezeigten Optikmoduls und

[0019] Fig. 5 schematisch Verfahrensschritte bei einem mit einer erfindungsgemäßen Ausrichtungsvorrichtung durchgeführten Montagevorgang.

Ausführungsbeispiel

[0020] In Fig. 2 ist die Ausrichtungsvorrichtung der Erfindung schematisch in Funktionsblöcken dargestellt. Ein Optikmodul 15 kann mittels einer Verschiebeeinheit 16 zwischen ein von einem Greifer 18 gehaltenes Bauteil 11 und ein Substrat 10 eingeschoben werden (Richtung S). Das Optikmodul 15 ist mit einer Auswerteeinheit 14 verbunden, die ihrerseits mit einer Positioniereinheit 17 in Verbindung steht oder in Verbindung gebracht werden kann. Diese Positioniereinheit 17 weist eine beliebig auf den Aufbau verteilbare Kombination von Bewegungsachsen auf, die eine Relativbewegung zwischen dem das Substrat 10 festhaltenden (nicht gezeigten) Tisch und dem zu fügenden Bauteil 11 in x-, y-, z-, k-Richtung ermöglicht.

[0021] Die Auswerteeinheit 14 ist zur Auswertung und Überlagerung der von den Objektiven, respektive den Festkörperkameras, bevorzugt parallel und gleichzeitig aufgenommenen Bilder und zur Berechnung eines Versatzes zwischen den Referenzmarken sowie zur Ansteuerung der Positioniereinheit 17 eingerichtet. Ferner kann die Auswerteeinheit auch zur automatischen Ansteuerung der in Fig. 2 nicht dargestellten Beleuchtungsvorrichtung des Optikmoduls 15 abhängig von vom Optikmodul 15 aufgenommenen Bildern eingerichtet sein.

[0022] Fig. 3 zeigt schematisch den inneren Aufbau des in Fig. 2 gezeigten Optikmoduls 15. Letzteres ist als ein auswechselbares kompaktes Optikmodul gestaltet, das zwei parallel angeordnete, bevorzugt baugleiche Objektive 1 und 2 jeweils hoher Abbildungsqualität, die objektseitig einen telezentrischen Strahlengang (strichpunktierte Linie) aufweisen, eine Umlenkeinheit 9 (z. B. ein verspiegeltes 90°-Prisma) zum Umlenken des Strahlengangs um jeweils 90° und je eine Videofestkörperkamera 12, 13 aufweist, die direkt hinter jedem Objektiv 1, 2 angebracht sind und zur parallelen (gleichzeitigen) Übertragung der aufgenommenen Bilder zur Auswerteeinheit 14 eingerichtet sind.

[0023] Zur Beleuchtung des Gesichtsfelds des Optikmoduls 15 stehen pro Strahlengang jeweils zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Einerseits kann das Gesichtsfeld durch ein koaxiales Auflicht mittels der Lichtquellen 5 und 6, welches jeweils über einen halbdurchlässigen Spiegel 3 und 4 in den Strahlengang des Objektivs eingekoppelt wird, beleuchtet werden. Andererseits kann jeweils eine die Austrittsöffnungen des Optikmoduls ringförmig umgebende Ringlichtquelle 7 und 8 verwendet werden. Selbstverständlich können auch beide Beleuchtungsmittel, die Auflichtquellen 5 und 6 und die Ringlichtquellen 7 und 8, in Kombination verwendet werden.

[0024] Die Fig. 4 zeigt die konstruktive Gestaltung des in Fig. 3 schematisch gezeigten Optikmoduls. Dies lässt sich so kompakt ausführen, dass es sich noch zwischen Objekte einführen lässt, die z. B. nur 60 mm voneinander beabstandet sind. Durch die modulare und auswechselbare Gestaltung des Optikmoduls, da es nicht fest an der Ausrichtungsvorrichtung montiert ist, kann das Optikmodul an unter-

schiedliche Handhabungsgeräte angepasst und angeschlossen werden. Z. B. kann das Optikmodul 15 wahlweise mit einer nachgeschalteten, der Auswerteeinheit 14 zuzuordnenden Bildverarbeitung für ein automatisches Ausrichtverfahren oder für ein manuelles Arbeiten mit einem Mischpult gekoppelt sein.

[0025] Nachstehend wird anhand der in Fig. 5 schematisch gezeigten Abfolge ein mit Hilfe der erfindungsgemäßen Ausrichtungsvorrichtung ausgeführter Ausricht- oder Fügeablauf erläutert.

[0026] Zunächst wird gemäß Fig. 5A das Bauteil 11 grob relativ zum Substrat 10 so positioniert, dass die zueinander hinweisenden Referenzmarken in die Gesichtsfelder des zu diesem Zeitpunkt noch außerhalb stehenden Optikmoduls fallen können. Sodann wird gemäß Fig. 5B das Optikmodul durch die Verschiebeeinheit 16 zwischen die beiden Objekte, d. h. zwischen Substrat 10 und Bauteil 11 geschoben. Dann erfolgt gemäß Fig. 5C eine Aufnahme der Bilder von Bauteil und Substrat, d. h. von Flächenbereichen, die die Referenzmarken enthalten. Dann erfolgt gemäß Fig. 5B eine Spiegelung eines der Bilder. Gemäß Fig. 5E wird ein Versatzvektor berechnet. Gemäß Fig. 5F wird der ermittelte Versatz zwischen den beiden Referenzmarken durch die Positioniereinheit 17 korrigiert. Anschließend kann eine Kontrollaufnahme von Bauteil und Substrat erfolgen, wobei die Schritte der Aufnahme der Bilder von den Referenzmarken, des Spiegels eines der Bilder, der Positionsermittlung der Referenzmarken von Bauteil und Substrat anhand der Merkmale, die aus den aufgenommenen Bildern extrahiert werden, und der Berechnung des Versatzvektors (gemäß Fig. 5B–5E) wiederholt werden.

[0027] Falls die Korrekturbewegung gemäß Fig. 5F nicht ausreichend war, kann eine erneute Korrekturbewegung durchgeführt werden. Die Schritte der Kontrollaufnahme (Wiederholung der Schritte gemäß Fig. 5C–5E) und der Schritt gemäß Fig. 5F können wiederholt werden, bis eine gewünschte Genauigkeit erreicht ist. Gemäß Fig. 5G wird die Optik dann herausgezogen und das Bauteil auf das Substrat aufgesetzt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Ausrichtung zweier Objekte (10, 11) zueinander, die je eine Referenzmarke (R10, R11) aufweisen, die zueinander beabstandet einander gegenüberliegen, mit einer Abbildungsvorrichtung (15), die mittels einer Verschiebeeinheit (16) zwischen die beiden von einer Haltevorrichtung (17, 18) gehaltenen Objekte einschiebbar ist und dabei Bilder von die Referenzmarken (R10, R11) enthaltenden Oberflächenbereichen der Objekte (R10, R11) erzeugt, wobei die Abbildungsvorrichtung (15) zwei Objektive und wenigstens eine Kamera zur Aufnahme der von den Objektiven erzeugten Bilder aufweist, einer mit der Kamera verbundenen oder verbindbaren Auswerteeinheit (14), die zur Auswertung und Überlagerung der von den Objektiven aufgenommenen Bilder und zur Berechnung eines Versatzes zwischen den Referenzmarken (R10, R11) der Objekte (10, 11) eingerichtet ist und einer mit der Auswerteeinheit (14) verbundenen oder verbindbaren Positioniereinheit (17), die dafür eingerichtet ist, einen von der Auswerteeinheit (14) ermittelten Versatz zwischen dem Referenzmarken (R10, R11) der beiden Objekte (10, 11) auszugleichen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsvorrichtung als ein auswechselbares,

kompaktes Optikmodul (15) gestaltet ist, das zwei parallel angeordnete Objektive (1, 2) hoher Abbildungsqualität, eine Umlenkeinheit (9) zur Umlenkung des Strahlengangs der Objektive um jeweils 90° und je eine Kamera (12, 13) aufweist, die direkt hinter jedem Objektiv angeordnet und zur Übertragung der aufgenommenen Bilder zur Auswerteeinheit (14) eingerichtet sind.

2. Ausrichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Objektive (1, 2) baugleich sind und objektseitig einen telezentrischen Strahlengang aufweisen.

3. Ausrichtungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsvorrichtung zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern der Objekte und parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder eingerichtet ist.

4. Ausrichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine in der Abbildungsvorrichtung integrierte Beleuchtungsvorrichtung (5–8) zur Beleuchtung eines gewünschten Gesichtsfeldes der Objektive auf den Objekten pro Strahlengang der Objektive (1, 2) jeweils eine koaxiale Auflichtquelle (5, 6), Mittel (3, 4) zur Einkopplung des von den koaxialen Auflichtquellen (5, 6) erzeugten Beleuchtungslichts in den Strahlengang der Objektive (1, 2) und jeweils eine Ringlichtquelle (7, 8) aufweist, die rund um die Austrittsöffnung jedes Objektivs (1, 2) angeordnet ist.

5. Ausrichtungsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkopplungsmittel (3, 4) je einen halbdurchlässigen Spiegel enthalten, die das vom Objekt reflektierte Licht zum jeweiligen Objektiv (1, 2) übertragen und das Beleuchtungslicht in den Strahlengang einkoppeln.

6. Ausrichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen der Beleuchtungsvorrichtung (5–8) mit der Auswerteeinheit (14) verbunden oder verbindbar sind, um das Gesichtsfeld jeweils abhängig von einer von der Auswerteeinheit (14) ausgewerteten Bildaufnahme der Objekte (10, 11) angepasst zu beleuchten.

7. Abbildungsvorrichtung, insbesondere für eine Ausrichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Abbildungsvorrichtung zwei Objektive (1, 2) und wenigstens eine Kamera (12, 13) zur Aufnahme der von den Objektiven erzeugten Bilder aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsvorrichtung als auswechselbares kompaktes Optikmodul (15) gestaltet ist, in dem die beiden Objektive mit hoher Abbildungsqualität parallel angeordnet, eine Umlenkeinheit (9) zur Umlenkung des Strahlengangs der Objektive jeweils um 90° und je eine direkt hinter jedem Objektiv (1, 2) angeordnete Kamera (12, 13) zur Aufnahme der von den Objektiven (1, 2) erzeugten Bilder integriert sind.

8. Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Objektive (1, 2) baugleich sind und objektseitig einen telezentrischen Strahlengang aufweisen.

9. Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beleuchtungsvorrichtung (5–8) zur Beleuchtung eines gewünschten Gesichtsfeldes der Objektive auf den Objekten in dem Optikmodul (15) integriert ist und pro Strahlengang der Objektive (1, 2) jeweils eine koaxiale Auflichtquelle (5, 6), Mittel (3, 4) zur Einkopplung des von den koaxialen Auflichtquellen (5, 6) erzeugten Beleuchtungs-

lichts in den Strahlengang der Objektive (1, 2) und/oder jeweils eine Ringlichtquelle (7, 8) aufweist, die rund um die Austrittsöffnung jedes Objektivs (1, 2) angeordnet ist.

10. Ausrichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Objektive zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern der Objekte und die Kameras zur parallelen Übertragung der aufgenommenen Bilder eingerichtet sind.

11. Verfahren zur Ausrichtung zweier Objekte (10, 11) zueinander, die je eine Referenzmarke (R10, R11) aufweisen, die zueinander beabstandet einander gegenüberliegen, insbesondere mit Vorrichtungen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- A) Grobpositionierung der beiden Objekte (10, 11), so dass die Referenzmarken (R10, R11) in die Gesichtsfelder des Optikmoduls fallen können;
- B) Einschieben des Optikmoduls;
- C) Aufnahme der Bilder von die Referenzmarken (R10, R11) aufweisenden Flächenbereichen der Objekte (10, 11);
- D) Lageerkennung der Referenzmarken in den jeweiligen Bildern;
- E) Berechnen des Versatzvektors zwischen den beiden Referenzmarken (R10, R11) und
- F) Korrektur des Versatzes zwischen den beiden Referenzmarken (R10, R11) durch die Positioniereinheit.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt C) die Bilder gleichzeitig aufgenommen werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schritt F) ein Schritt G) folgt, der eine Kontrollaufnahme der die Referenzmarken (R10, R11) enthaltenden Oberflächenbereiche der Objekte (10, 11) durch Wiederholen der Schritte C), D), E) durchführt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Schritt II) ausgeführt wird, der, falls die Korrekturbewegung in Schritt F) nicht ausreichend war, eine erneute Korrekturbewegung durchführt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte G) und H) wiederholt werden, bis eine geforderte Positioniergenauigkeit erreicht ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

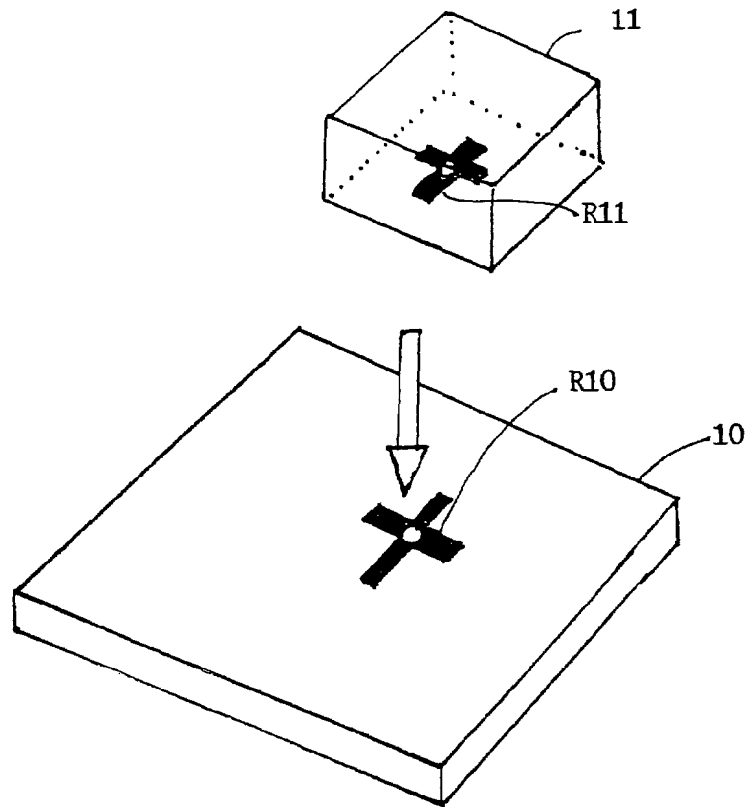


FIG. 1

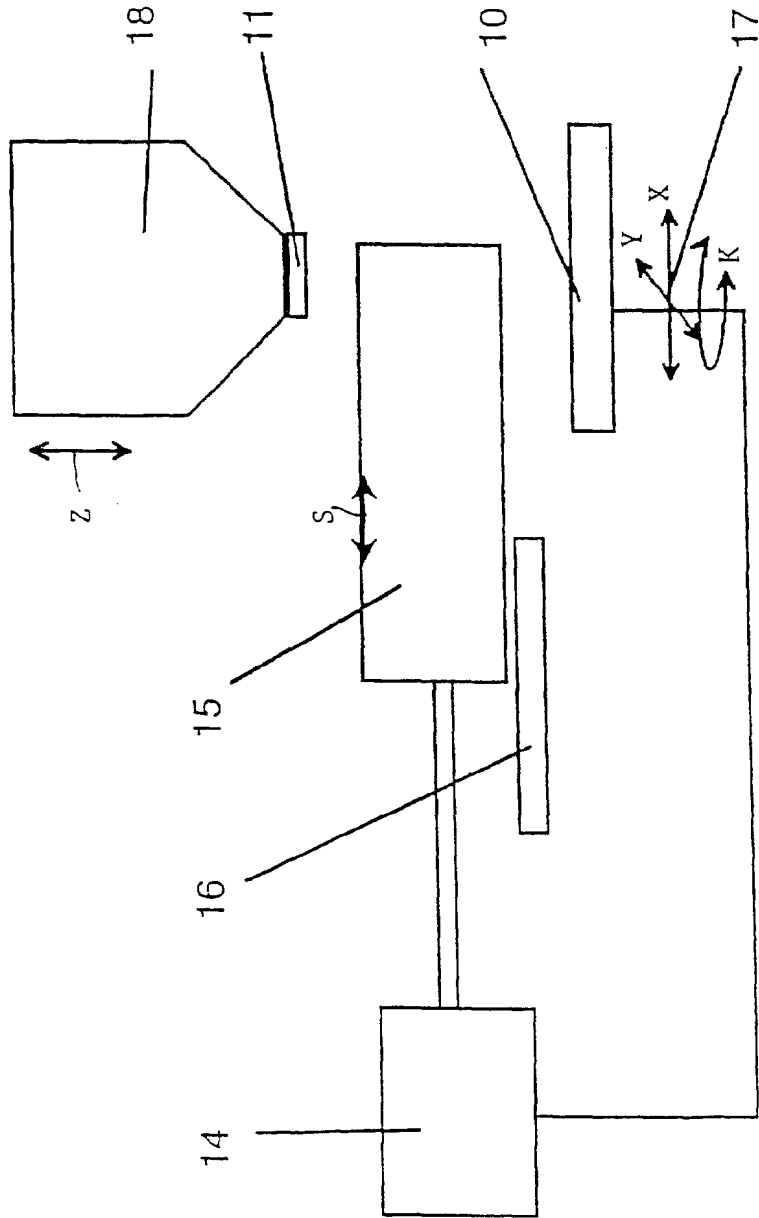


FIG. 2

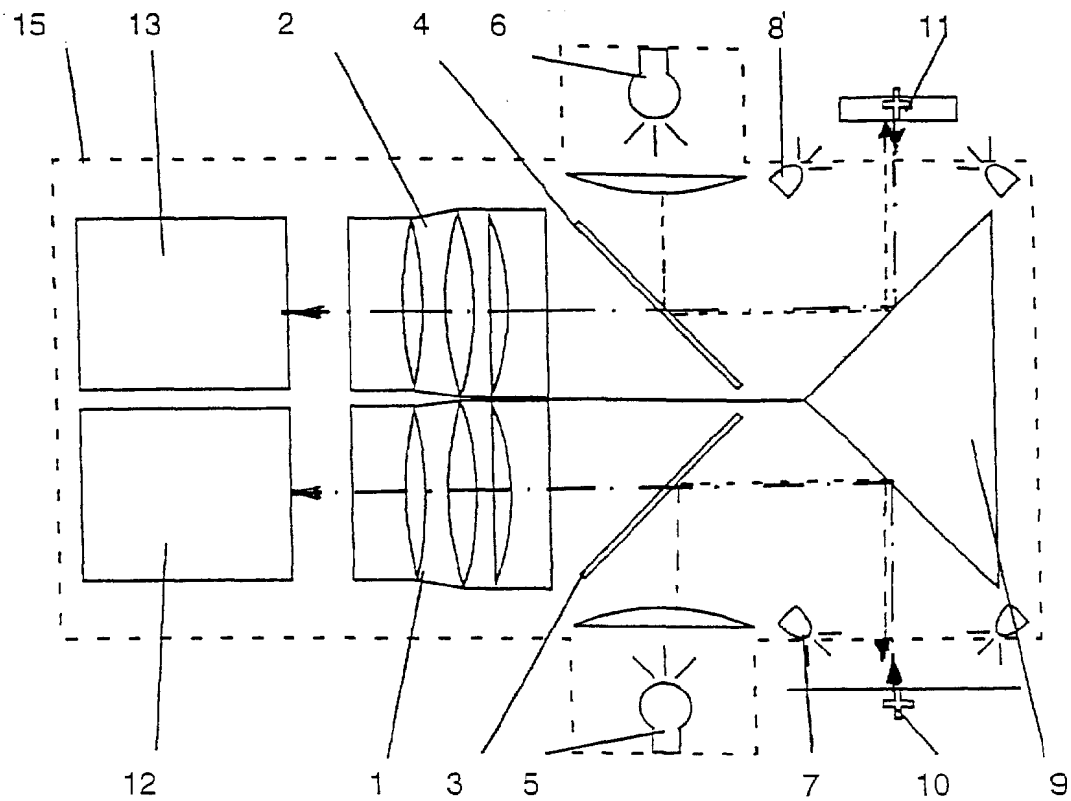


FIG. 3

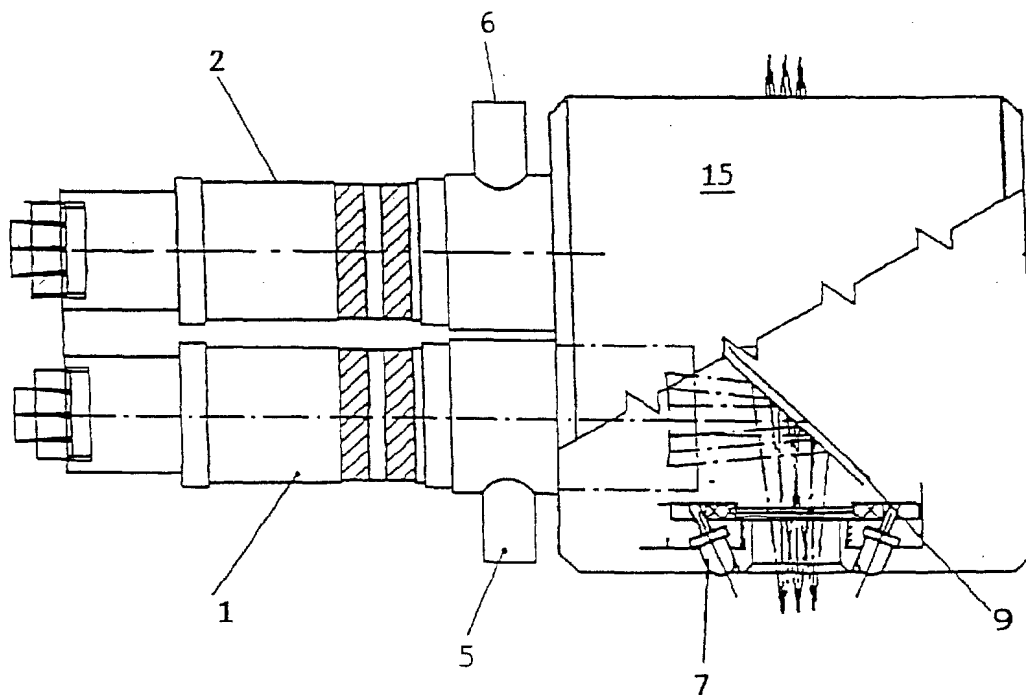


FIG. 4

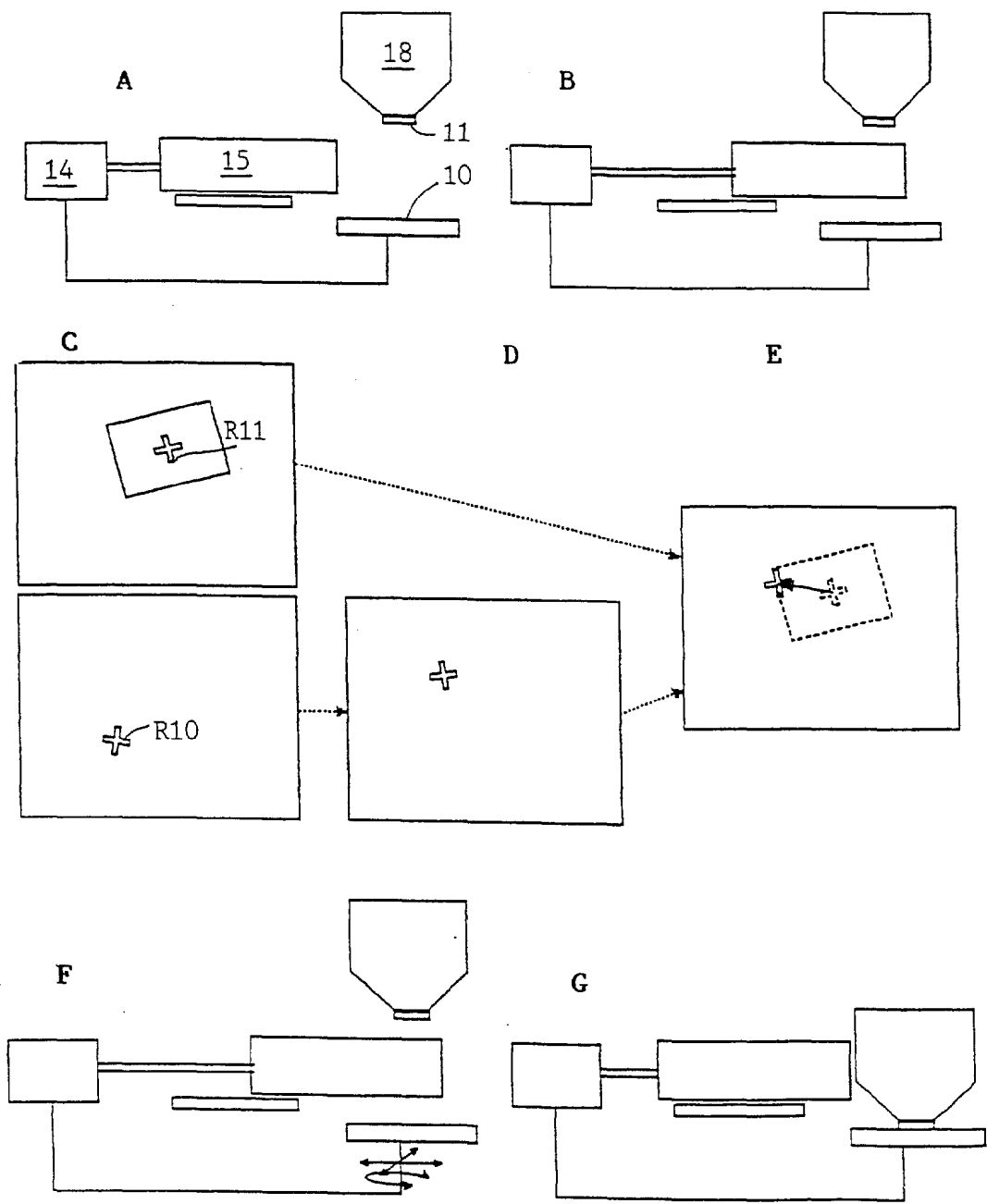


FIG. 5